动　物　学　研　究　2013，Dec. 34(6): 626−630　　CN 53-1040/Q　ISSN 0254-5853
Zoological Research　　DOI:10.11813/j.issn.0254-5853.2013.6.0626

# 金沙江中上游中华金沙鳅（*Jinshaia sinensis*）产卵场的发现及意义

刘淑伟[1]，杨君兴[1,*]，陈小勇[1,*]

中国科学院昆明动物研究所 遗传资源与进化国家重点实验室，云南 昆明　650223

**摘要**：该研究分别于 2012 年 4 月、7—8 月及 11 月针对云南省金沙江梨园电站影响区域的鱼类早期资源进行了 3 次监测。并于 2012 年 7—8 月对云南省玉龙县大具乡大具渡口金沙江的监测中，发现中华金沙鳅（*Jinshaia sinensis*）卵汛两次，分别为 8 月 1 日 8：00—4 日 10：00 和 8 月 9 日 23：00—13 日 6：00。结果发现，中华金沙鳅鱼卵卵径 3.37~4.41 mm，平均 3.89 mm，自然受精率为 91.5%，模拟培养出膜率为 97.1%，畸形率为 2.2%；产卵场共 3 处，分别位于云南省玉龙县龙蟠镇、黎明乡和巨甸镇；三处产卵场两次产卵共计~$1.49\times10^7$ ind.。此次产卵场的发现是对以往中华金沙鳅生物学资料的重要补充，对电站建设背景下金沙江鱼类资源的保护具指导意义。

**关键词**：金沙江中上游；中华金沙鳅；产卵场
**中图分类号**：Q959.46+8　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：0254-5853-(2013)06-0626-05

# Discovery and its significance of spawning grounds of *Jinshaia sinensis* from upper and middle Jinshajiang River

Shu-Wei LIU[1]，Jun-Xing YANG[1,*]，Xiao-Yong CHEN[1,*]

*State Key Laboratory of Genetic Resources and Evolution*，*Kunming Institute of Zoology*，*Chinese Academy of Sciences*，*Kunming* 650223，*China*

**Abstract:** During April, July to August and November of 2012，three surveys were conducted to estimate the early-stage fish resources in the area of Liyuan power station on Jinshajiang River of Yunnan Province. During the survey conducted at the crossing of Daju Town, Yulong County, Yunnan Province, from July to August, 2012, two egg-tides of *Jinshaia sinensis* were detected. One was from 8:00 of August 1st to 10:00 of August 4th and the other one was from 23:00 of August 9th to 6:00 of August 13th. The average egg diameter was 3.89 mm, ranging from 3.37 to 4.41 mm. Natural fertilization and hatching rate as well as abnormality rate in mimic wild environment were 91.5%, 97.1% and 2.2%, respectively. Meanwhile, three spawning grounds had been conjectured, which were Longpan Town, Liming Town and Judian Town of Yulong County, Yunnan Province. Moreover, the total number of eggs from those three spawning grounds during the two egg-tides was approximately $1.49\times10^7$ ind.. The discovery of the three spawing grounds is of importance in fullfilling the study of *Jinshaia sinensis*, and in protecting fish resources under the influences of power stations.

**Keywords:** Upper and middle Jinshajiang River; *Jinshaia sinensis*; Spawning ground

金沙江位于我国青藏高原、云贵高原和四川盆地的西部边缘，其干流自青海省玉树州直达四川宜宾，全长~2 360 km，落差 3 280 m，是世界少有的水能资源富集的河流（Guo，2004）。近年来，随着干、支流电站的不断规划及建成，金沙江部分江段水文情势发生了巨大改变，电站蓄水使原本的激流环境变成了库区，大坝的修建也基本隔断了鱼类上、下游的基因交流。因此，电站影响着局部乃至整个流域的鱼类资源，鱼类早期资源的定期监测和针对性保护已刻不容缓。在云南金沙江中游水电开发有限公司的委托下，本研究分别于 2012 年 4 月、7—8 月及 11 月针对云南省金沙江梨园电站影响区域的鱼类早期资源组织了 3 次监测，并在 2012 年 7—8 月对云南省玉龙县大具乡大具渡口金沙江的监测中，发现中华金沙鳅（*Jinshaia sinensis*）卵汛两次，在此予以报道。

收稿日期：2013-04-01；接受日期：2013-06-10
基金项目：科技基础性工作专项（2012FY111200）；云南金沙江中游水电开发有限公司资助项目（LY2012/S04）
*通信作者（Corresponding authors），E-mail：yangjx@mail.kiz.ac.cn；chenxy@mail.kiz.ac.cn

中华金沙鳅隶属鲤形目（Cypriniformes）爬鳅科（Balitoridae）金沙鳅属（*Jinshaia*），广泛分布于金沙江中、下游及长江上游的干、支流，为典型激流型鱼类。目前，关于其产卵场的研究尚较为零散，综合 Qiao（2005）、Duan（2008）、Wang（2008）以及 Tang（2010）的研究，中华金沙鳅已知的产卵场均位于金沙江中、下游及长江上游。

# 1　材料与方法

## 1.1　监测时间与断面设置

2012 年 7 月 25 日—8 月 25 日，选取云南省玉龙县大具乡大具渡口金沙江左岸（N27°19′43.5″, E100°14′18.7″，海拔 1 589 m）为调查断面，以大具渡船为采集平台，采集地点离左岸~7 m。

## 1.2　采集方法

采用锥形采集网，网口圆形，面积为 0.196 $m^2$，锥形网口铁圈上焊接钢管以固定于船头捞取鱼卵，采集网保持与水流垂直，淹没于水下 15 cm。每天采集 3 组，即每 8 h 一组，昼夜采样，每组为连续 6 次捞取鱼卵的总和，每次捞取时间为 10 min。以 LJD-2 型流速仪（重庆水文仪器厂）记录网口流速及水流流速，对采集到的鱼卵逐个编号，单独培养，解剖镜观察并使用 Mshot 数字成像系统（广州明美科技有限公司）拍照、测量及记录。

## 1.3　鱼卵、鱼苗鉴定及数据分析

首先通过形态学判断中华金沙鳅鱼卵及鱼苗。形态学无法鉴定的种则通过“DNA 条形码技术”即测序其线粒体细胞色素 c 氧化酶亚基 I（*COI*）基因序列，在 GenBank 中 BLAST 比对，快速鉴定。测序引物及方法按照 Peng et al (2009)，所得序列已提交到 GenBank（Accession No. grp4373816）。

将每日采集时间、采集鱼卵和仔鱼数及网口流速等数据输入 Excel 2007 电子表格进行统计分析。产卵场位置估算按照 Yi et al（1988）的计算公式：$L=VT$，其中，$L$ 为鱼卵（鱼苗）的漂流距离，$V$ 为采集江段的平均流速，$T$ 为胚胎发育所经历的时间。产卵规模估算分两个步骤：（1）鱼卵密度 $d=n/(a\times v\times t)$，其中，$n$ 为卵汛开始至结束所有批次采集到的鱼卵总数（ind.），$a$ 为网口有效截流面积（$m^2$），$v$ 为网口流速，取 3 次测量平均值（m/s），$t$ 与 $n$ 相对应，为卵汛开始至结束所有批次总耗时间（s）；（2）产卵规模 $m=q\times d\times c\times t'$，其中，m 为产卵总量（ind.），q 为江水径流量（$m^3/s$），d 为卵密度（ind./$m^3$），c 为断面系数，t′为卵汛持续总时间（s）。

# 2　结　果

## 2.1　鱼卵及鱼苗种类鉴定

### 2.1.1　形态学鉴定

本次调查所捞取鱼卵均为中华金沙鳅鱼卵，其胚胎、仔鱼形态如图 1。卵及胚胎呈漂流性，吸水膨胀后卵膜径~4 mm，卵膜无色，薄且透明，富有弹性，胚胎略显白色，半透明（图 1a）。刚出膜仔鱼（图 1b）身体粗大，淡黄色，卵黄囊呈长梨形；背鳍褶发达，前端伸过第三对肌节，腹鳍褶很小；头略下弯，眼小，黑色，嗅囊很大。中期仔鱼（图 1c）体淡黄色，出现两对明显口角须，外侧一对较长，卵黄囊被吸收，狭长，尾鳍圆形。晚期仔鱼（图 1d）体褐色，口部口角须、吻须各两对，须上具感觉刚毛（图 1e），外侧口角须细长，可伸达鳃盖；背鳍鳍条七根，其起点位于吻端与尾鳍基的中点稍前，臀鳍鳍条五根，胸鳍宽大，胸鳍平面与身体成~45°夹角，使身体直立，极难平卧，腹鳍起点位于背鳍起点稍前；肛门靠紧臀鳍起点，尾鳍后缘斜截。



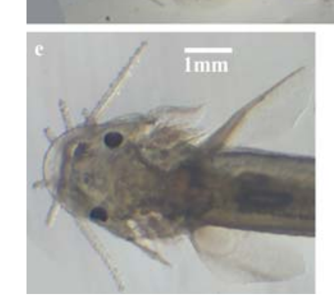




图 1　中华金沙鳅卵、胚胎及仔鱼形态

Figure 1　Morphology of egg, embryo and larva of *Jinshaia sinensis*

对照《长江鱼类早期形态发育与种类鉴别》图片、文字描述及检索表，可见待鉴定鱼苗发育各期形态最接近物种为犁头鳅（*Lepturichthys fimbriata* Günther）或中华金沙鳅。

2.1.2　分子生物学鉴定

在 GenBank 中通过 BLAST 比对待鉴定鱼苗 *COI* 基因序列片段（共 803 bp），结果显示，得分最高的前 10 条序列为中华金沙鳅和短身金沙鳅（*Jinshaia abbreviate*）（Günther）各 5 个。待鉴定鱼苗 *COI* 基因序列与该 10 条序列的相似度（max identity）均在 99.5%以上，同时，比对序列覆盖范围（query cover）为 100%，E 值为 0，鉴定结果可信。由于待鉴定鱼苗与中华金沙鳅和短身金沙鳅均接近，故下载上述 10 条序列并采用 NJ、MP、ML 三种方式构建系统发育树（图 2）。

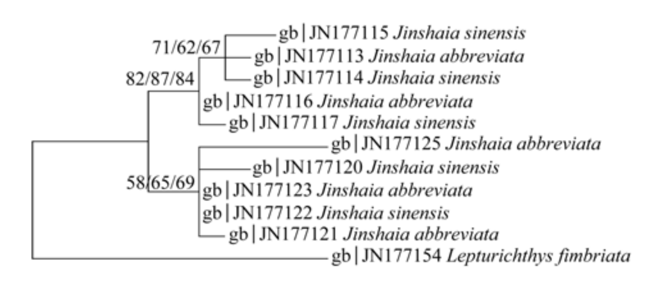



图 2　基于 NJ、MP、ML 三种方法构建的系统树（节点处显示的依次为 NJ、MP、ML 树支持率）

Figure 2　Phylogenetic tree inferred from NJ, MP and ML methods (numbers in the nodes indicated the bootstrap values of NJ/MP/ML)

所得结果一致显示，该 10 条序列所代表的两种鱼类无法区分。而在核对了 Yue（2000）所列举的所有形态学区别特征后发现，这些特征均不稳定或差异不明显。以上结果提示，这两种金沙鳅可能为同一种，本研究在此暂不区分两者，并将所采集鱼苗定名为中华金沙鳅。

**2.2　鱼卵及鱼苗质量**

本次调查共采集到鱼卵 153 颗，卵径 3.37~ 4.41 mm，平均 3.89 mm，其中受精卵 140 颗，未受精卵 13 颗，即野外自然状态下的受精率为 91.5%。模拟江水温度（19.1~23.5 ℃）孵化受精卵过程中，胚胎期死亡 4 颗，正常出膜 136 颗，出膜率为 97.1%，且出膜仔鱼中有 3 尾为畸形，畸形率为 2.2%。

**2.3　产卵时间与频次**

2012 年 7 月 25 日—8 月 25 日（32 d），共监测到卵汛两次，第一次为 8 月 1 日 8：00—4 日 10：00，规模相对较大，产卵高峰期在 8 月 2 日；第二次为 8 月 9 日 23：00—13 日 6：00，规模相对较小，产卵高峰在 8 月 10 日（图 3）。由此可见，中华金沙鳅群体每次产卵持续 4~5 d，产卵高峰期约在开始产卵后的第二日。

**2.4　产卵地点推测**

经观察，采集到的中华金沙鳅鱼卵所处的发育期并不连续，而是仅分布于 13 个时期，并呈现 3 个波峰，即桑椹胚期、尾泡出现期和耳石出现期（图 4）。

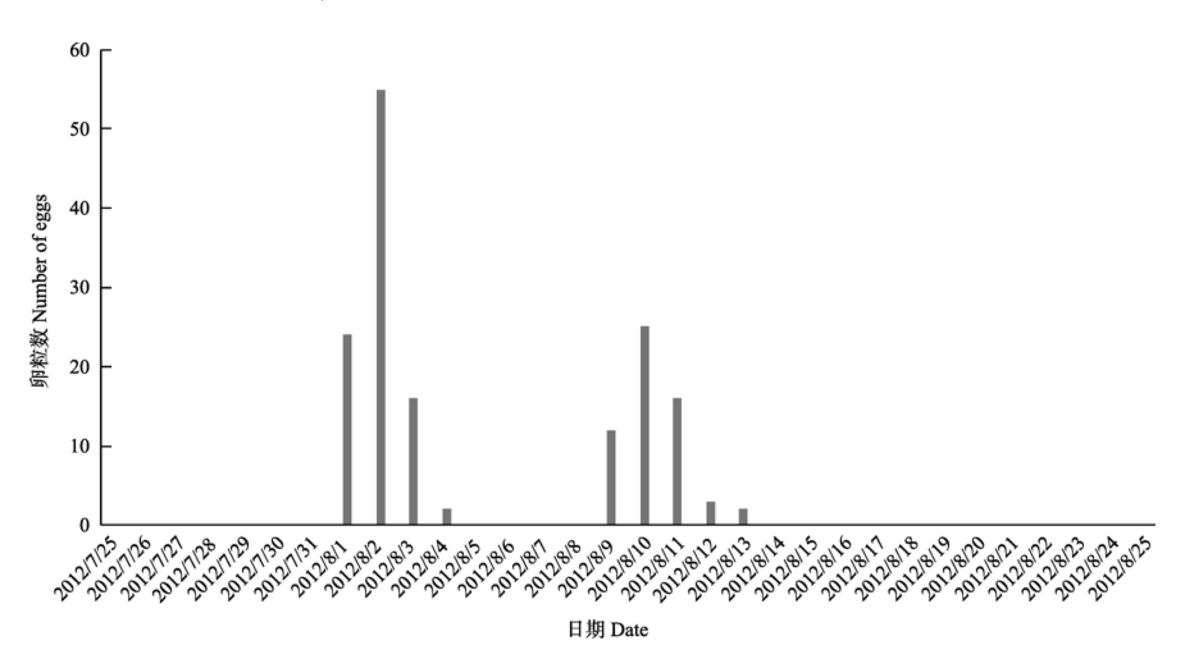



图 3　监测期每天采集的卵粒数量

Figure 3　Numbers of daily collected eggs

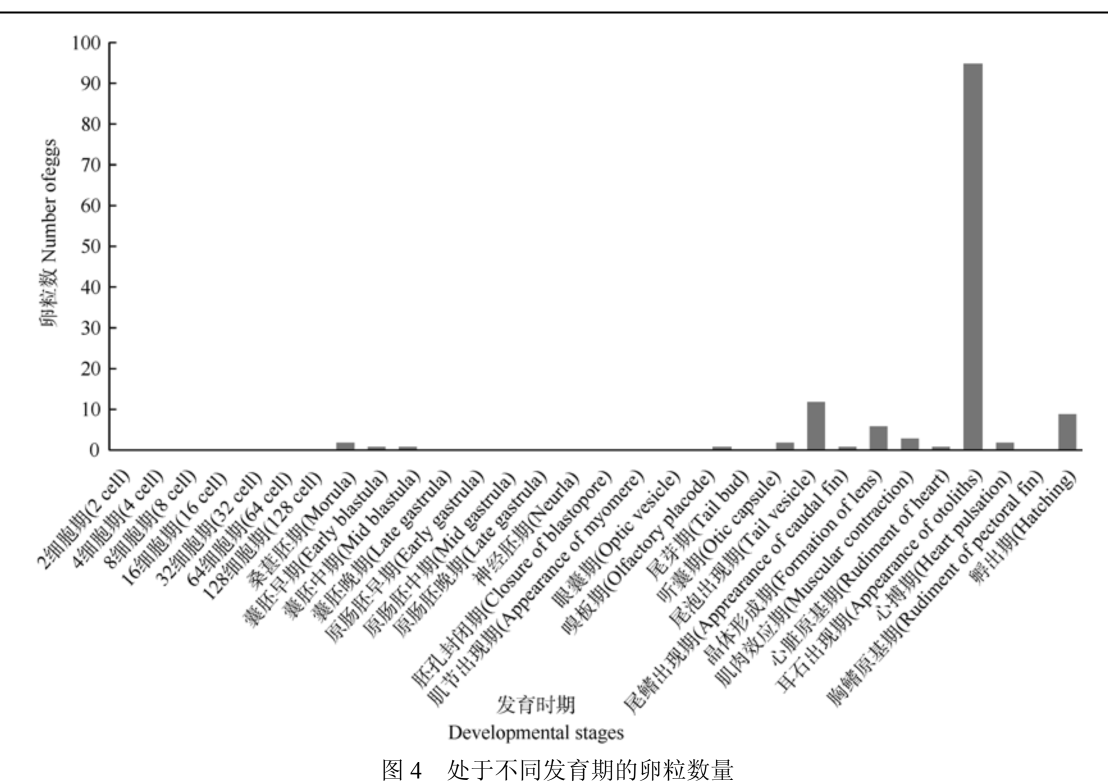



图 4　处于不同发育期的卵粒数量

Figure 4　Numbers of eggs from each developmental stage

由此可以推断，监测断面以上存在 3 个产卵场。采取实际测量及查阅资料等方式获取各江段长度、水流平均速度（*V*）及中华金沙鳅各期发育时间（*T*）等，不同江段以不同水流速度进行计算。

速度（*V*）：大具至下虎跳峡以及虎跳峡以上江段水流速度均取实测值，其平均流速分别为 2.55 和 2.32 m/s，虎跳峡江段~18 km，水流平均速度为 3.87 m/s（数据由云南金沙江中游水电开发有限公司提供）。

时间（*T*）：参考 Wang（2008）对中华金沙鳅早期发育的研究，并根据实际培养时间确定 3 个波峰发育期所经历的时间，桑葚胚期为 205 min、尾泡出现期为 750 min、耳石出现期为 1 100 min。

经计算，3 个产卵场距离采集地大具的距离分别为 36、112 和 161 km，并由此推断 3 个产卵场的大概位置分别为云南省玉龙县虎龙蟠镇、黎明乡和巨甸镇（图 5），3 个产卵场在时间上基本一致。

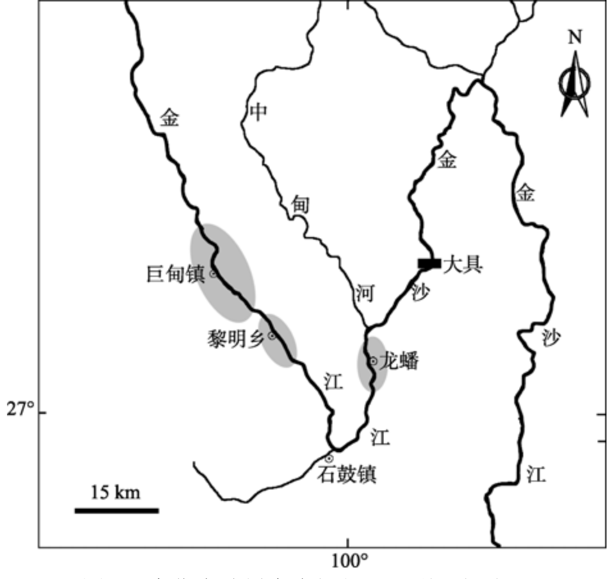



图 5　中华金沙鳅产卵场位置（阴影部分）

Figure 5　Locations of spawning grounds of *Jinshaia sinensis*（shaded areas）

## 2.5　产卵规模推测

### 2.5.1　鱼卵密度（*d*）

分别计算两次卵汛鱼卵密度（*d*1 及 *d*2）。两次卵汛分别采集到的卵数目（*n*）为 97 及 58 ind.，由于网口固定垂直于水流，因此 *a* 以网口面积计算（$m^2$），网口流速（*v*）为 3 次实测的平均值，分别统计两次卵汛期间所有监测批次累计时间（*t*）对应卵的总数（*n*）。经计算，*d*1 及 *d*2 分别为 0.0083 及 0.0048 ind./$m^3$。

### 2.5.2　产卵规模（*m*）

两次卵汛产卵总量分别计为 *m*1 及 *m*2。江水径流量（*q*）取 8 月份多年径平均径流量 3 280 $m^3$/s（数据由云南金沙江中游水电开发有限公司提供），由于

该江段水流湍急、紊乱，断面系数（c）计为 1，两次卵汛持续时间（*t*'）分别统计。经计算，*m*1 及 *m*2 分别为：$9.41\times10^6$ 及 $5.44\times10^6$ ind.。因此，监测期内，中华金沙鳅产卵总量（*M*）=*m*1+*m*2，即 $1.49\times10^7$ind.。

## 3 讨 论

由于野外调查条件有限，金沙江水流又十分湍急，很多数据难以准确获得，例如，各发育期时间、断面系数及断面径流量等均为推测值，这些无疑使产卵场位置及产卵规模推测等都存在一定误差，因此，这两项结果仅供参考。

本研究所发现的中华金沙鳅鱼类产卵场位于虎跳峡以上的金沙江中、上游，海拔 1 800 m 以上，是已知海拔最高、位于金沙江最上游的产卵场。产卵时间在 8 月份，相对于 Qiao（2005）、Duan（2008）和 Wang（2008）报道的 5—7 月份明显较晚，原因可能有两方面：（1）下游电站逐渐建成、蓄水，原有产卵场失去了其产卵条件，鱼类被迫转往上游寻找合适环境；（2）产卵场所处海拔较高，水温上升要滞后下游一段时间，故产卵也推后一段时间。

中华金沙鳅在金沙江上游产卵场的发现是对现有金沙鳅鱼类生物学资料的一项重要补充，对了解其所代表的激流型、产漂浮性卵鱼类的生态学具有很高参考价值，且对该类型鱼类迁地保护具重要指导意义。

随着金沙江中、下游干、支流梯级电站的不断建成，原有江段的激流环境变成了水面库区，迫使激流型鱼类、流水产卵鱼类及产漂浮性卵的鱼类向上迁移，而金沙江上游电站也已经在规划建设中。因此，再次评估金沙江中、上游鱼类资源及鱼类早期资源现状并加以保护已十分迫切。本研究首次在金沙江中、上游江段发现了长江上游特有鱼类中华金沙鳅的产卵场，对了解并保护金沙江中、上游鱼类资源及鱼类早期资源现状有很大帮助，且对待建电站的规划也具指导意义。

根据中华金沙鳅鱼类产卵场研究，这一类型鱼卵发育需要 200 km 以上的流水环境，因此，本研究建议上游电站规划时须预留一定的生态流量，并保持 200 km 以上的自然江段。

**致谢：**感谢本课题组杜丽娜、彭云、赵婷怡、杨坤凤及大理学院李廷野等对本研究的大力协助。

## 参考文献：

Duan XB. 2008. Studies on fish resources and the fishes of early life history stage in the upper Yangtze River. Master's Degree，Huazhong Agricultural University，1-63. [段辛斌. 2008. 长江上游鱼类资源现状及早期资源调查研究. 硕士学位论文, 华中农业大学. 1-63.]

Guo WM. 2004. Developing the hydro-energy resources of Jinshajiang river and optimizing Chinese energy distributing configuration. *Sci/tech Information Development & Economy*，**14**（8）：74-75. [郭为民. 2004. 开发金沙江水能资源优化我国能源配置格局. 科技情报开发与经济，**14**（8）：74-75.]

Peng JL., Wang XZ., Wang D., He SP. 2009. Application of DNA barcoding based on the mitochondrial CO I gene sequences in classification of Culter (Pisces: Cyprinidae). Acta Hydrobiologica Sinica, **2**, 271–276.[ 彭居俐，王绪祯，王丁，何舜平. 2009. 基于线粒体 COI 基因序列的 DNA 条形码在鲤科鲌属鱼类物种鉴定中的应用. 水生生物学报, 2, 271–276]

Qiao Y. 2005. Early morphogenesis and species identification of fishes in Yangtze River. Ph.D. thesis，Doctoral Dissertation of Science，Chinese Academy of Sciences，1-218. [乔晔. 2005. 长江鱼类早期形态发育与种类鉴别. 博士学位论文，中国科学院研究生院，1-218.]

Tang XL. 2010. Studies on early fish resources in Jiangjin Cross-Section in the Upstream of Yangtze River. Master's degree Thesis. Dissertation for Master Degree of Southwest University，1-51. [唐锡良. 2010. 长江上游江津江段鱼类早期资源研究. 硕士学位论文，西南大学，1-51.]

Wang QQ. 2008. Study on fish resources of early life history stages in Chishui River and research on early development of nine kinds of fish. Master's Degree，Central China Normal University，1-80. [王芊芊. 2008. 赤水河鱼类早期资源调查及九种鱼类早期发育的研究. 硕士学位论文，华中师范大学，1-80.]

Yi BL，Yu ZT，Liang ZS. 1988. Gezhouba Water Control Project and Four Carps of Yangtze River. Wuhan： Hubei Science Press. [易伯鲁，余志堂，梁秩燊. 1988. 葛洲坝水利枢纽与长江四大家鱼. 武汉：湖北科学技术出版社.

Yue PQ 2000. Fauna Sinica （Osteichthyes： Cypriniformes III）. Beijing：Science Press. [乐佩奇. 2000. 中国动物志·硬骨鱼纲· 鲤形目（下卷）. 北京：科学出版社.]